

**ANALISA PENGGUNAAN RECLOSER SEBAGAI PENGAMAN ARUS LEBIH PADA
JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PENYULANG 05 GARDU INDUK MOJOSONGO**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

MUHAMMAD SYIFAUN NAIM

D400160066

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA PENGGUNAAN RECLOSER SEBAGAI PENGAMAN ARUS LEBIH PADA
JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PENYULANG 05 GARDU INDUK MOJOSONGO**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

MUHAMMAD SYIFAUN NAIM

D400160066

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ratnasari', with a horizontal line drawn underneath it.

Dr. Ratnasari Nur Rohmah S.T., M.T.

NIK. 780

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA PENGGUNAAN RECLOSER SEBAGAI PENGAMAN ARUS LEBIH PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PENYULANG 05 GARDU INDUK MOJOSONGO

OLEH

MUHAMMAD SYIFAUN NAIM

D400160066

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Program Studi Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Sabtu, 23 Januari 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Dr. Ratnasari Nur Rohmah, S.T., M.T.
(Ketua Dewan Penguji)

()

2. Aris Budiman, S.T., M.T.)
(Anggota I Dewan Penguji)

()


3. Tindyo Prasetyo, S.T., M.T
(Anggota II Dewan Penguji)

()



Dekan,

10022021


Sri Sunariono, M.T., Ph.D

NIK. 628

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 23 Januari 2021

Penulis



MUHAMMAD SYIFAUN NAIM

D400160066

ANALISA PENGGUNAAN RECLOSER SEBAGAI PENGAMAN ARUS LEBIH PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PENYULANG 05 GARDU INDUK MOJOSONGO

Abstrak

Jaringan distribusi mempunyai peran sangat penting yaitu berfungsi menyalurkan listrik dari sumber daya listrik sampai ke pelanggan. Pada pengoperasian system tenaga listrik seiring bertambahnya waktu sering terjadi gangguan-gangguan yang disebabkan dari dalam system maupun gangguan dari luar system dapat mengakibatkan gangguan penyaluran tenaga listrik ke pelanggan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukannya sebuah koordinasi pengaman agar kerugian yang diakibatkan oleh gangguan yang terjadi dapat diminimalisir dan tenaga listrik dapat tersalurkan secara optimal. Koordinasi antara Recloser sebagai pengaman utama dengan OCR (Over Current Relay) pada sisi incoming maupun Outging haruslah tepat. Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian melalui studi literature baik pada buku dan jurnal ilmiah. Kemudian data yang terkumpul akan dihitung menggunakan perhitungan matematis lalu dibandingkan dengan data seting riil yang ada dan dianalisis. Hasil perhitungan pada penyulang 05 Gardu Induk Mojosoongo gangguan arus hubung singkat 3 fasa terbesar terjadi di kilometer 0% yaitu sebesar $10158\angle -90^\circ\text{A}$, dan gangguan paling kecil terjadi di kilometer 100% yaitu sebesar $2909,7\angle -73,3^\circ\text{A}$. Hasil perhitungan resetting menunjukkan bahwa OCR sisi incoming TMS = 0,161 detik, dengan waktu kerja = 0,699 detik, OCR sisi Outging TMS = 0,125 detik, dengan waktu kerja = 0,297 detik, dan yang terakhir Recloser TMS = 0,07 detik, dengan waktu kerja = 0,178 detik. Berdasarkan Hasil resetting relay OCR dan recloser menunjukkan waktu operasi yang lebih baik, dan lebih cepat dibandingkan kondisi existing saat terjadinya gangguan.

Kata Kunci : Sistem Proteksi, Recloser, OCR, Hubung singkat

Abstract

The distribution network has a very important role, which functions to distribute electricity from power sources to customers. In the operation of the electric power system over time, disturbances often occur which are caused from within the system and disturbances from outside the system which can result in disruption of the distribution of electricity to customers. To overcome this problem, a safety coordination is needed so that losses caused by disturbances can be minimized and electricity can be optimally distributed. The coordination between Recloser as the main security with OCR (Over Current Relay) on the incoming and outging side must be correct. In this study, using research methods through literature studies both in books and scientific journals. Then the collected data will be calculated using mathematical calculations and then compared with the existing real setting data and analyzed. The results of calculations at the feeder 05 at Mojosoongo substation, the largest 3-phase short circuit current occurs at kilometer 0%, which is $10158\angle -90^\circ\text{A}$, and the smallest disturbance occurs at 100% kilometer, which is $2909.7\angle -73.3^\circ\text{A}$. The results of the resetting calculation show that the OCR for the incoming TMS = 0.161 seconds, with working time = 0.699 seconds, the OCR for the Outging TMS = 0.125 seconds, with the working time = 0.297 seconds, and the last one for the Recloser TMS = 0.07 seconds, with working time = 0.178 seconds. Based on the results of resetting the OCR relay and recloser, it shows a better operating time, and is faster than the existing conditions when the disturbance occurred.

Keywords: Protection System, Recloser, OCR, Short circuit

1. PENDAHULUAN

Jaringan distribusi adalah suatu bagian dari system tenaga listrik secara keseluruhan berfungsi menyalurkan listrik dari sumber daya listrik sampai ke pelanggan. Pada pengoperasian system tenaga listrik seiring bertambahnya waktu sering terjadi gangguan-gangguan dapat mengakibatkan gangguan penyaluran tenaga listrik ke pelanggan. Gangguan yang sering terjadi pada system distribusi saluran 20 kV digolongkan menjadi dua. Gangguan dari dalam system berupa kegagalan dari fungsi jaringan, kerusakan peralatan pemutus maupun jaringan, dan kesalahan pada alat pendeteksi. Gangguan dari luar system disebabkan sambaran petir, pohon, binatang, cuaca, manusia, dll.

Berdasarkan dari lamanya terjadi gangguan, gangguan dibagi menjadi gangguan sementara (temporer) dan gangguan permanen, untuk jumlah gangguan sementara lebih tinggi dibandingkan dengan gangguan permanen. Dan gangguan sementara apabila tidak segera hilang, baik hilang dengan sendirinya maupun karena bekerjanya alat pengaman dapat berubah menjadi gangguan permanen.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukannya sebuah koordinasi pengaman agar kerugian yang diakibatkan oleh gangguan yang terjadi dapat diminimalisir dan pemadaman yang tidak terlalu lama. OCR (Over Current Relay) yang bertugas untuk mendeteksi adanya gangguan arus hubung singkat agar dapat memerintahkan recloser untuk trip yaitu terlepasnya jaringan transmisi listrik, suatu subsitem jaringan melepaskan diri dari sistem jaringan lainnya secara otomatis akibat terjadinya kelebihan beban (arus) melampaui batas arus pada recloser tersebut. Recloser (Pemutus Balik Otomatis) adalah peralatan pengaman SUTM 20 kV yang berfungsi seperti pemutus beban yang dapat bekerja secara otomatis yang dilengkapi kotak kontrol elektronik dalam kotak kontrol inilah setting waktu kerja relay dapat ditentukan untuk mengamankan system. Pengaman ini mengamankan sistem dari adanya arus lebih yang diakibatkan adanya gangguan hubung singkat, dan mengantisipasi gangguan sesaat agar pemadaman listrik dapat diantisipasi. Dengan demikian kontinuitas tenaga listrik dapat berjalan dengan baik.

Beberapa peneliti telah melakukan analisis terkait penggunaan recloser pada jaringan distribusi, baik itu dilakukan oleh peneliti dalam negeri (Silaban, 2009) meneliti tentang penggunaan recloser pada system jaringan distribusi 20 kV, (Putra, 2017) meneliti penggunaan Recloser Untuk Pengaman Arus Lebih Pada Jaringan Distribusi 20 kv di Gardu Induk Garuda Sakti, (Syafi'i, 2016) meneliti koordinasi Recloser dan OCR untuk gangguan hubung singkat pada penyulang 3 di Gardu Induk Jajar, maupun peneliti dari luar negeri (Thomas, 2019) meneliti tentang penilaian eksposur energy berbasis recloser pada jaringan distribusi.

Pada penelitian ini, penulis ingin menganalisis tentang penggunaan recloser sebagai pengaman saat terjadinya gangguan arus pada jaringan distribusi 20 kV di Gardu Induk Mojosongo. Analisis dilakukan untuk melihat bagaimana penggunaan Recloser sebagai pengaman arus lebih terkait adanya gangguan hubung singkat pada penyulang baik disebabkan oleh gangguan dari dalam system maupun gangguan dari luar. Analisis nilai setting relay dari data yang ada di PLN Boyolali dilakukan dengan cara melakukan perhitungan menggunakan perhitungan matematis dan membandingkan dengan data seting riil yang ada.

2. METODE

2.1 Tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap penelitian seperti digambarkan dalam flowchat pada Gambar 1. Tahap-tahap penelitian tersebut adalah:

a. Studi Literatur

Studi literature adalah pengumpulan bahan penelitian yang diambil dari berbagai sumber baik pada buku, jurnal dan internet.

b. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan untuk mencari informasi data di PT PLN Boyolali.

c. Perhitungan

Setelah data terkumpul dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai setting relay sesuai dengan kondisi dilapangan.

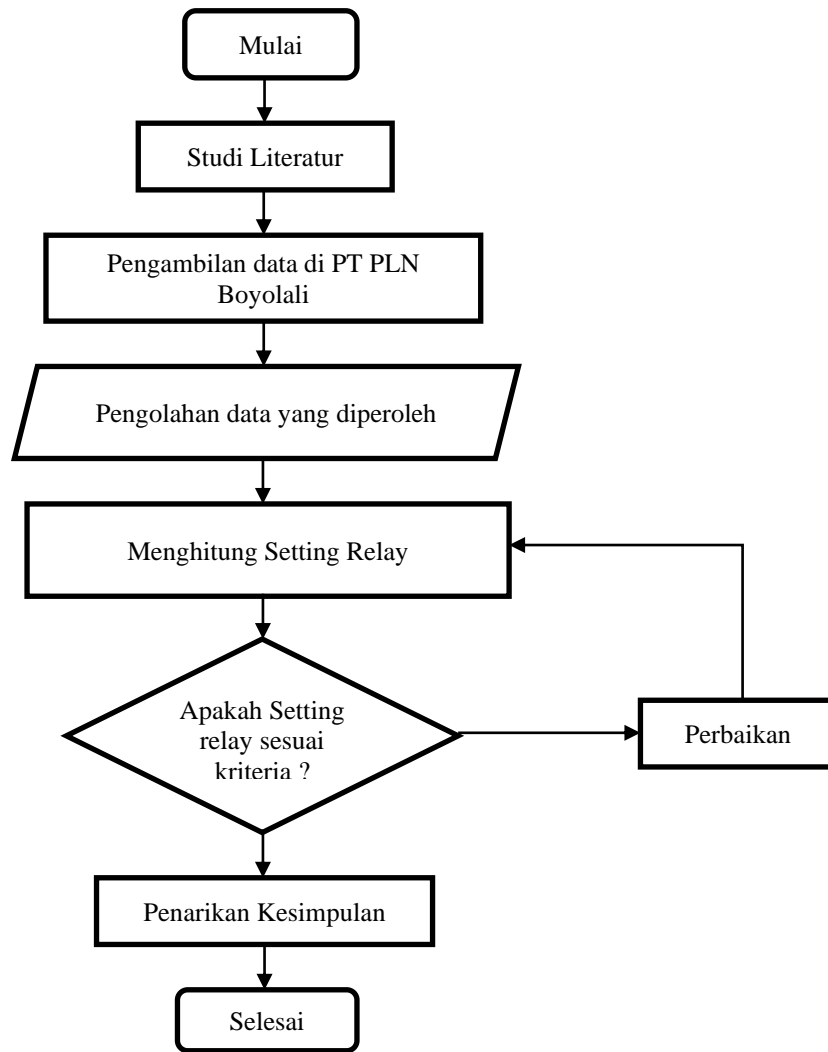
d. Analisa data

Proses pemahaman terhadap data yang telah diperoleh dengan membandingkan data dilapangan dengan data hasil perhitungan apakah data yang didapat sesuai dengan parameter perhitungan atau belum. Namun bila sudah sesuai, maka akan dilanjutkan ketahap kesimpulan.

e. Tahapan Kesimpulan

Merupakan hasil akhir dari analisa yang telah dijalankan yang berupa data-data.

f. Flowchart



Gambar 1 Diagram Alir Metode Penelitian

2.2. Alat dan Bahan

- Laptop.
- Kalkulator.
- Flashdisk.

2.3. Metode Perhitungan

Ada beberapa tahap perhitungan yang digunakan sebagai bahan untuk melakukan analisa dalam penelitian ini diantaranya:

2.3.1. Perhitungan Nilai Impedansi Sumber pada Sisi 20 kV

$$Z_{\text{sumber sisi 20 kV}} = j \frac{kV2^2}{kV1^2} \times Z_{\text{sumber sisi 150 kV}} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

kV2 = Tegangan sekunder trafo (kV)

kV1 = Tegangan primer trafo (kV)

$Z_{\text{sumber sisi 150 kv}} = \text{Impedansi sumber pada sisi 150 kV } (\Omega)$

2.3.2. Perhitungan Nilai Impedansi Trafo

$$Z_{\text{trafo}} = Z_{\text{lama}} \times \left(\frac{kV_{\text{lama}}}{kV_{\text{baru}}} \right)^2 \times \left(\frac{MVA_{\text{lama}}}{MVA_{\text{baru}}} \right) \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

$Z_{\text{lama}} = \text{Impedansi Trafo semula } (\Omega)$

$kV_{\text{lama}} = \text{Tegangan sekunder trafo lama (kV)}$

$kV_{\text{baru}} = \text{Tegangan sekunder trafo baru (kV)}$

$MVA_{\text{lama}} = \text{Kapasitas daya trafo lama (MVA)}$

$MVA_{\text{baru}} = \text{Kapasitas daya trafo baru (MVA)}$

2.3.3. Perhitungan Nilai Impedansi pada Penyulang

$Z_{\text{penyulang positif}} = Z_{\text{penyulang negative}}$

$Z_{\text{penyulang urutan positif, negatif dalam (PU)}}$

$$= \frac{Z_{\text{penyulang}}}{Z_{\text{dasar}}} \text{ (pu)}$$

Keterangan:

$Z_{\text{penyulang}} = \text{Impedansi pada penyulang}$

$Z_{\text{dasar}} = \text{Impedansi dasar pada trafo}$

$Z_{\text{total penyulang pada urutan positif, negatif}}$

$$Z_1 = Z_2 = Z_{\text{sumber}} + Z_{\text{trafo}} + Z_{\text{penyulang}}$$

Keterangan:

$Z_1 = \text{Impedansi ekivalen urutan positif}$

$Z_2 = \text{Impedansi ekivalen urutan negative}$

2.3.4. Perhitungan-Nilai Arus Hubung singkat

Menghitung nilai arus hubung singkat pada titik 0%, 10%, 20% hingga 100% dari total panjang penyulang Outging trafo II 60 MVA.

a. Arus hubung singkat 3 fasa

$$I_{3\text{Fasa}} = \frac{V}{Z_1} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

$V = \text{Tegangan fasa netral}$

$Z = \text{Impedansi } Z_1 \text{ ekivalen}$

b. Arus hubung singkat 2 fasa

$$I_{2\text{Fasa}} = \frac{V_{ph}}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

$V_{ph} = \text{Tegangan fasa-fasa}$

$Z1+Z2$ = Impedansi ($Z1+Z2$) ekivalen

2.3.5. Perhitungan-Nilai Waktu kerja Recloser dan OCR

a. Mencari nilai waktu kerja Recloser

$$t = TMS \frac{0,14}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set primer}}\right)^{0,02} - 1} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

TMS = Time Multiplier Setting

I fault = Arus hubung singkat

I set primer = Arus setting primer Recloser

b. Mencari nilai waktu kerja OCR pada sisi Outging

$$t = TMS \frac{0,14}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set primer}}\right)^{0,02} - 1} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

TMS = Time Multiplier Setting

I fault = Arus hubung singkat

I set primer = Arus setting primer OCR pada sisi Outging

c. Mencari nilai waktu kerja OCR pada sisi Incoming

$$t = TMS \frac{0,14}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set primer}}\right)^{0,02} - 1} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

TMS = Time Multiplier Setting

I fault = Arus hubung singkat

I set primer = Arus setting primer OCR pada sisi Incoming

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun data yang digunakan untuk menganalisis penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Data Trafo II GI Mojosongo

Merk	PAUWELS
Kapasitas Daya	60 MVA
Tegangan Primer dan Sekunder	150/20 Kv
Impedansi	13,55%
MVAsc 3 Fasa	1661,73

3.1. Perhitungan Arus Hubung Singkat

Mencari $V_{(PU)}$

$$V_{PU} = \frac{kV \text{ Sebenarnya}}{kV \text{ Dasar}} \dots\dots\dots (8)$$

$$= \frac{20 \text{ kV}}{20 \text{ kV}}$$

$$= 1 \text{ pu}$$

$$Z_{\text{Dasar}} = \frac{kV^2}{MVA}$$

$$= \frac{(20 \text{ kV})^2}{60 \text{ MVA}}$$

$$= 6,67 \Omega$$

$$I_{\text{Dasar}} = \frac{kVA}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}}$$

$$= \frac{60000}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}}$$

$$= 1732,05 \text{ Ampere}$$

1. Menghitung Impedansi Sumber pada Sisi 20 kV

$$Z_{\text{sumber sisi 150 kV}} = j \frac{kV^2}{MVA \text{ sc 3 Fasa}}$$

$$= j \frac{150^2 \text{ kV}}{1661,73}$$

$$= j 13,54 \Omega$$

$$Z_{\text{sumber sisi 20 kV}} = j \frac{kV_2^2}{kV_1^2} \times Z_{\text{sumber sisi 150 kV}}$$

$$= j \frac{20^2}{150^2} \times 13,54$$

$$= j \frac{400}{22500} \times 13,54$$

$$= j0,24 \Omega$$

$$Z_{\text{sumber per unit}} = j \frac{Z_{\text{sumber 20 kV}}}{Z_{\text{dasar}}}$$

$$= j \frac{0,24 \Omega}{6,67 \Omega}$$

$$= j0,035 \text{ pu}$$

2. Menghitung Impedansi Trafo

$$Z_{\text{trafo}} = Z_{\text{lama}} \times \left(\frac{kV \text{ lama}}{kV \text{ baru}} \right)^2 \times \left(\frac{MVA \text{ lama}}{MVA \text{ baru}} \right) \dots\dots\dots (9)$$

$$= 0,1355 \times \left(\frac{20 \text{ kV}}{20 \text{ kV}} \right)^2 \times \left(\frac{60 \text{ MVA}}{60 \text{ MVA}} \right)$$

$$= j0,1355 \text{ pu}$$

3. Menghitung Impedansi Penyulang

“ Total panjang penyulang = 8,444 km

10% dari total panjang penyulang = 0,8444 km

Z penyulang positif = Z penyulang negative

Impedansi penyulang pada jarak 10 %

$$= 0,8444 \times (0,1344 + j0,3158)$$

$$= 0,1134 + j0,2666$$

Z penyulang urutan positif, negatif dalam (PU)

$$= \frac{Z_{\text{penyulang}}}{Z_{\text{dasar}}} (\text{pu})$$

$$= \frac{0,1134 + j0,2666}{6,67} (\text{pu})$$

$$= 0,017 + j0,0399 \text{ pu}$$

Z total penyulang pada urutan positif, negatif

$$Z_1 = Z_2 = Z_{\text{sumber}} + Z_{\text{trafo}} + Z_{\text{penyulang}}$$

$$= j0,035 + j0,1355 + (0,017 + j0,0399)$$

$$= 0,017 + j0,2104 \text{ pu}$$

4. Menghitung Arus Hubung singkat pada Penyulang

Menghitung Arus Hubung Singkat 3fasa pada Jarak 10%

$$I_{3\text{Fasa}} = \frac{V}{Z_1} \quad \text{..... (10)}$$

$$= \frac{1 + j0}{0,017 + j0,2104}$$

$$= \frac{1 \angle 0}{0,211 \angle 85,3}$$

$$= 4,739 \angle -85,3^\circ \text{ A}$$

Hasil Perhitungan pada Jarak 10%

$$= 4,739 \angle -85,3^\circ \times 1732 \text{ A}$$

$$= 8207,9 \angle -85,3^\circ \text{ A}$$

Menghitung Arus Hubung Singkat 2fasa pada Jarak 10%

$$I_{2\text{Fasa}} = \frac{V_{ph}}{Z_1 + Z_2}$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot (1 + j0)}{2 \cdot (0,017 + j0,2104)}$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot (1 + j0)}{0,034 + j0,4208}$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot (1 + j0)}{0,422 \angle 85,3}$$

$$= 4,104 \angle -85,3^\circ \text{ A}$$

Hasil perhitungan pada Jarak 10%

$$= 4,104 \angle -85,3^\circ \times 1732 \text{ A}$$

$$= 7108,1 \angle -85,3^\circ \text{ A}$$

Didapatkan nilai arus hubung singkat pada titik 0%, 10%, 20% hingga 100% dari total panjang penyulang Outging trafo II 60 MVA Gardu Induk Mojosongo.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Nilai Arus Hubung Singkat

Jarak Gangguan(km)	3 Fasa (A)	2 Fasa (A)
0%	10158 \angle -90°A	8796,8 \angle -90°A
10%	8207,9 \angle -85,3°A	7108,1 \angle -85,3°A
20%	6872,5 \angle -82,2°A	5939,02 \angle -82,2°A
30%	5890,5 \angle -80,03°A	5093,1 \angle -80,03°A
40%	5138,8 \angle -78,3°A	4449,5 \angle -78,3°A
50%	4569,01 \angle -77,07°A	3952,4 \angle -77,07°A
60%	4101,3 \angle -76,03°A	3548,8 \angle -76,03°A
70%	3723,8 \angle -75,1°A	3221,5 \angle -75,1°A
Recloser	3457,07 \angle -74,6°A	2996,8 \angle -74,6°A
80%	3408,5 \angle -74,4°A	2949,5 \angle -74,4°A
90%	3141,8 \angle -73,8°A	2719,2 \angle -73,8°A
100%	2909,7 \angle -73,3°A	2520,06 \angle -73,3°A

Dilihat dari hasil tabel diatas menunjukkan bahwa setiap panjang jarak gangguan arus hubung singkat yang dihasilkan berbeda-beda. Semakin kecil arus hubung singkat yang dihasilkan semakin jauh juga jarak gangguan karena dipengaruhi oleh adanya impedansi saluran. Pada table diatas menunjukkan bahwa arus gangguan terbesar pada gangguan 3 fasa terjadi di kilometer 0% yaitu sebesar 10158 \angle -90°A, dan arus gangguan terkecil pada gangguan 3 fasa terjadi di kilometer 100% yaitu sebesar 2909,7 \angle -73,3°A.

3.2. Menghitung nilai setting Recloser dan OCR

Melakukan Perhitungan nilai setting recloser dan OCR agar segera trip saat terjadi gangguan menggunakan karakteristik standart invers. Penentuan setting nilai waktu kerja (t) relay incoming dan Outging di setting dengan selisih 0,3 – 0,5 detik sesuai dengan Standart IEC 60255.

1. Menghitung waktu kerja (t) Recloser

Untuk menghitung nilai waktu kerja (t) recloser maka menggunakan data arus hubung singkat 3 fasa pada jarak 6,6 kilometer yaitu 3457 ampere. Dalam menghitung nilai

setting TMS pada recloser, setting nilai waktu kerjanya (t) disetting 0,2 detik agar recloser segera trip lebih awal saat terjadi gangguan.

$$I \text{ nominal} = 200 \text{ ampere}$$

$$I \text{ set primer} = 1,2 \times I \text{ nominal}$$

$$= 1,2 \times 200$$

$$= 240 \text{ ampere}$$

$$TMS = \frac{\left(\frac{I \text{ fault}}{I \text{ set primer}}\right)^{0,02} - 1}{0,14} t \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$TMS = \frac{\left(\frac{3457}{240}\right)^{0,02} - 1}{0,14} 0,2$$

$$= 0,07 \text{ detik}$$

Perhitungan waktu kerja (t) recloser

$$t = TMS \frac{0,14}{\left(\frac{I \text{ fault}}{I \text{ set primer}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,07 \text{ det} \frac{0,14}{\left(\frac{3457}{240}\right)^{0,02} - 1}$$

$$= 0,178 \text{ detik}$$

2. Menghitung waktu kerja relai (t) OCR pada sisi Outging

Menghitung waktu kerja relai (t) OCR pada sisi outging maka menggunakan data arus hubung singkat 3 fasa yang dekat dengan OCR yaitu sebesar 10158 ampere. Besarnya nilsi arus setting OCR sisi Outging tergantung pada besarnya nilai KHA maksimum pada penghantar AAAC 240 mm² yaitu sebesar 585 Ampere. Agar saat terjadi gangguan recloser bekerja terlebih dahulu.maka nilai waktu kerja (t) OCR pada sisi Outging diset 0,3 detik.

$$CT = 800:5$$

$$I \text{ set primer} = 585 \text{ ampere}$$

$$TMS = \frac{\left(\frac{I \text{ fault}}{I \text{ set primer}}\right)^{0,02} - 1}{0,14} t$$

$$TMS = \frac{\left(\frac{10158}{585}\right)^{0,02} - 1}{0,14} 0,3$$

$$= 0,125 \text{ detik}$$

Perhitungan waktu kerja (t) OCR pada sisi outging

$$t = TMS \frac{0,14}{\left(\frac{I \text{ fault}}{I \text{ set primer}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,125 \text{ det} \frac{0,14}{\left(\frac{10158}{585}\right)^{0,02} - 1}$$

$$= 0,297 \text{ detik}$$

3. Menghitung waktu kerja relai (t) OCR pada sisi Incoming

Untuk menghitung waktu kerja (t) OCR pada sisi incoming maka menggunakan data arus hubung singkat 3 fasa yang dekat dengan OCR yaitu sebesar 10158 ampere. Setting nilai waktu (t) OCR pada sisi Incoming disetting 0,3+0,4= 0,7 detik, agar ada waktu tunda saat terjadi gangguan dan OCR incoming sebagai back up apabila OCR gagal berkerja.

$$I \text{ nominal} = 1732 \text{ ampere}$$

$$CT = 1000:5$$

$$\begin{aligned} I \text{ set primer} &= 1,2 \times I \text{ nominal} \\ &= 1,2 \times 1732 \\ &= 2078,4 \text{ ampere} \end{aligned}$$

$$TMS = \frac{\left(\frac{I \text{ fault}}{I \text{ set primer}}\right)^{0,02} - 1}{0,14} t$$

$$TMS = \frac{\left(\frac{10158}{2078,4}\right)^{0,02} - 1}{0,14} 0,7$$

$$= 0,161 \text{ detik}$$

Perhitungan waktu kerja (t) OCR pada sisi incoming

$$t = TMS \frac{0,14}{\left(\frac{I \text{ fault}}{I \text{ set primer}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,161 \text{ detik} \frac{0,14}{\left(\frac{10158}{2078,4}\right)^{0,02} - 1}$$

$$= 0,699 \text{ detik}$$

Tabel 3. Perbandingan setting relai OCR dan Recloser kondisi Existing dan hasil Resetting

Setting	OCR Incoming		OCR Outging		Recloser	
	Kondisi	Hasil	Kondisi	Hasil	Kondisi	Hasil
	Existing	Resetting	Existing	Resetting	Existing	Resetting
I set primer (A)	1040	2078,4	480	585	350	240
TMS (detik)	0,25	0,161	0,2	0,125	0,1	0,07
t (detik)	0,75	0,699	0,44	0,297	0,29	0,178

Berdasarkan tabel diatas hasil dari perhitungan resetting waktu kerja relay (t) berbeda-beda karena adanya perbedaan nilai TMS dan Iset primer relay hasil resetting dan existing, dan juga

disebabkan adanya faktor impedansi saluran. Dari hasil perhitungan resetting waktu kerja relay (t) menunjukkan waktu operasi yang lebih baik dan lebih cepat ketika terjadi gangguan dibandingkan dengan setting kondisi existing dan hasil resetting juga telah memenuhi standart IEC 60255 untuk relay pada incoming dan outgoing waktu kerja (t) disetting dengan selisih 0,3 – 0,5 detik.

Dapat dilihat dari hasil perhitungan resetting waktu kerja (t) recloser lebih kecil dibandingkan dengan penyetelan nilai waktu kerja (t) OCR, dan itu menunjukkan kerja yang baik dan tidak saling mendahului, ketika terjadi gangguan pada saluran maka yang akan mendeteksi terlebih dahulu yaitu recloser dengan waktu kerja relay (t) 0,178 detik, dilanjutkan dengan OCR sisi Outging dengan waktu kerja relay (t) 0,297 detik, dan OCR sisi Incoming sebagai back up dengan waktu kerja relay (t) 0,699 detik.

4. PENUTUP

Kesimpulan dari Analisis Penggunaan Recloser Sebagai Pengaman Arus lebih pada Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang 05 Gardu Induk Mojosongo adalah :

1. Besarnya arus hubung singkat yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh nilai impedansi, semakin besar nilai impedansi maka arus hubung singkat yang dihasilkan semakin kecil dan juga sebaliknya.
2. Pada penyulang 05 Gardu Induk Mojosongo gangguan arus hubung singkat 3 fasa terbesar terjadi di kilometer 0% yaitu sebesar $10158\angle -90^\circ\text{A}$, dan gangguan paling kecil terjadi di kilometer 100% yaitu sebesar $2909,7\angle -73,3^\circ\text{A}$.
3. Hasil perhitungan resetting menunjukkan bahwa OCR sisi incoming TMS = 0,161 detik, dengan waktu kerja (t) = 0,699 detik, untuk OCR sisi Outging TMS = 0,125 detik, dengan waktu kerja (t) = 0,297 detik, dan yang terakhir Recloser TMS = 0,07 detik, dengan waktu kerja (t) = 0,178 detik.
4. Waktu kerja relay (t) berbeda-beda karena adanya perbedaan nilai TMS dan I set primer relay antara hasil resetting dan existing, dan juga disebabkan adanya faktor impedansi saluran.
5. Hasil resetting relay OCR dan recloser menunjukkan waktu operasi yang lebih baik, lebih cepat dibandingkan kondisi existing saat terjadinya gangguan, dan penentuan nilai granding time telah sesuai standart IEC 60255 yaitu 0,3-0,5 detik.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini kepada :

1. Allah SWT karena telah memberikan karunia-Nya sehingga penulis dapat mengerjakan tugas akhir ini dengan benar.
2. Bapak – ibu yang selalu memberi support serta doa, sehingga memperlancar dalam mengerjakan tugas akhir.
3. Bapak Umar S.T. M.T. selaku ketua jurusan Teknik Elektro Universitas muhammadiyah Surakarta.
4. Ibu Ratnasari Nur Rohmah S.T M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberi arahan dalam pengerjaan tugas akhir.
5. Teman Teknik Elektro 16 semua yang telah memberi motivasi serta dukungan kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Putra, Ario dan firdaus. 2017. *"Analisa Penggunaan Recloser Untuk Pengaman Arus Lebih Pada Jaringan Distribusi 20 kv Gardu Induk Garuda Sakti"*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau.
- Jadmiko, Billy Pratama Putra, Agung Nugroho, Dan Hermawan. 2018. *"Analisis Koordinasi Resetting Relay Ocr, Gfr Dan Recloser Pasca Uprating Transformator Tenaga Pada Gardu Induk 150 Kv Mojosoong Boyolali"*. Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang.
- Syafi'I, Alfian. 2016. *" Analisa Kordinasi Recloser dan OCR (Over Current Relay) Untuk Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang 3 Distribusi 20 kv GI Jajar"*. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Silaban, Abraham. 2009. *"Studi Tentang Penggunaan Recloser Pada Sistim Jaringan Distribusi 20 kV"*. Departemen Teknik Elektro Program Pendidikan Sarjana Ekstensi., Fakultas Teknik, Universitas Sumatra Utara Medan.
- R. Thomas etc all. 2019. *Recloser based energy exposure asseement of a distribution network: International journal of energy in southern Africa*. 30(4): 41-50.